

**КОНФЛИКТЫ ДОСТУПА В ЛОКАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ**

---

**Abstract:** The article is devoted to research of conflicts of access to the general divided data channel. Describe resultants the design of work of network of Ethernet by Petri. The developed model can be used for the exposure of deadly embraces, researches of integrity of procedures and algorithm on the whole at development of new access methods to the general divided channel of transmission.

**Key words:** computer network, Petri's network, Ethernet, CSMA/CD, access methods.

**Анотація:** Стаття присвячена дослідженню конфліктів доступу до загального каналу передачі даних, що розділяється. Описані результати моделювання роботи мережі Ethernet за допомогою мереж Петрі. Розроблена модель може бути використана для виявлення тупикових ситуацій, дослідження цілісності процедур і алгоритму в цілому при розробці нових методів доступу до загального каналу передачі, що розділяється.

**Ключові слова:** комп'ютерні мережі, мережа Петрі, Ethernet, CSMA/CD, методи доступу.

**Аннотация:** Статья посвящена исследованию конфликтов доступа к общему разделяемому каналу передачи данных. Описываются результаты моделирования работы сети Ethernet с помощью сетей Петри. Разработанная модель может быть использована для выявления тупиковых ситуаций, исследования целостности процедур и алгоритма в целом при разработке новых методов доступа к общему разделяемому каналу передачи.

**Ключевые слова:** компьютерные сети, сеть Петри, Ethernet, CSMA/CD, методы доступа.

**1. Введение**

История становления и развития человеческого общества неразрывно связана с развитием средств обработки и передачи информации [1]. В настоящее время существует несколько направлений развития средств передачи информации: увеличение пропускной способности канала, организация методов доступа к каналу, обнаружение и исправление ошибок передачи данных, защита информации и т.д. Загруженность канала влияет на эффективность работы всей сети. Канал передачи данных в сетях является общим ресурсом физического уровня семиуровневой модели OSI. С точки зрения канального уровня, общим ресурсом является домен коллизий. В данной статье выполнен анализ методов множественного доступа к общему разделяемому каналу передачи данных и предложен оптимизированный протокол взаимодействия узлов.

На сегодняшний день не существует идеального метода организации доступа к общему разделяемому каналу передачи данных. С точки зрения доступа к каналу основной проблемой являются возникновение конфликтов доступа к общему ресурсу. Механизм возникновения конфликта заключается в случайной одновременной передаче сигнала по общему разделяемому каналу, что приводит к наложению передаваемых сигналов и к искажению передаваемой информации. Поэтому конфликт носит аналоговый характер, и факт его возникновения можно зафиксировать только на физическом уровне. Как известно, физический уровень оперирует цифровыми сигналами, и возможность эффективного обнаружения повреждения информации зависит от выбранного метода цифрового кодирования. Но, к сожалению, на физическом уровне не представляется возможным эффективно устранять конфликты доступа, поэтому сведения о конфликте посредством jam-последовательности передаются на канальный уровень, на котором необходимо организовать разрешение конфликта, возникшего при обращении к общему ресурсу.

Канальный уровень оперирует кадрами, обнаружив кадр jam-последовательности, и фиксирует факт возникновения конфликта в коллизийном домене. На канальном уровне используются специальные протоколы доступа к домену коллизий. Коллизия возникает в случае, если протокол не в состоянии разрешить конфликт доступа к общему ресурсу. Для устранения конфликтов необходимо использовать определенный набор правил доступа к общему ресурсу (метод доступа). Каждый метод эффективен только при определенных условиях и требует затраты ресурсов. Протоколы характеризуются количеством ресурсов, затраченных на выбранные методы, и допустимым процентом коллизий в коллизийном домене. Следовательно, эффективность передачи зависит от применяемого протокола. Конфликты доступа к общему разделяемому каналу возникают в: локальных вычислительных сетях; кластерных системах; мультипроцессорных системах, на общих шинах связывающих контроллеры; на общих магистральных шинах внутри коммутаторов.

## **2. Факторы возникновения конфликтов**

Факторы возникновения конфликтов можно разделить на три основные группы: топологическая (характеристика физического канала); временная (правила доступа к каналу) и вероятностная (количество узлов, загруженность сети).

К топологической группе факторов возникновения конфликтов относятся следующие характеристики среды: физические параметры канала связи (задержка распространения сигнала, протяженность передающей среды); структурные характеристики (логическая организация взаимодействия узлов, вырожденность, иерархичность); метод кодирования цифровых сигналов (статическое/динамическое, частотное/ временное). Для устранения топологических факторов возникновения конфликтов необходимо вносить схемотехнические и архитектурные изменения в структуру сетевого оборудования. Приведём пример топологических причин возникновения конфликтов, связанных с физическими характеристиками канала связи.

С физической точки зрения в канале, имеющем значительные временные задержки, при передаче сигналов на большие расстояния возникают дополнительные проблемы распределения доступа к каналу, так как сведения об использовании общего ресурса поступают к участникам в различные моменты времени, что приводит к конфликтным ситуациям из-за не информированности участников. Поэтому не все методы доступа будут корректно работать в таких каналах, что и приводит к дополнительным конфликтам. В каналах с мгновенным распространением единицы информации конфликтные ситуации такого рода не возникают. Стоит отметить, что каналов с мгновенным распространением сигналов не существует. Каждый канал характеризуется определенным временем задержки ( $t > 0$ ). Но в случае, если время  $t$  намного меньше времени передачи единицы информации по каналу, то такой канал можно назвать каналом с мгновенным распространением единицы информации. Поэтому для разрешения конфликтов доступа к общему ресурсу можно применять более простые методы. Шина является конфликтной топологией, а активная звезда – бесконфликтной со структурной точки зрения. С точки зрения применяемого метода кодирования цифровых сигналов, статическое временное распределение

канала является бесконфликтным, а динамическое временное разделение канала с поочередным доступом к общему ресурсу создает конфликтные ситуации.

В ходе исследований методов получения доступа к среде передачи данных выяснилось, что в локальных сетях в основном применяются разделяемые между группой компьютеров каналы связи, доступ к которым предоставляется по специальному алгоритму (наиболее часто применяется метод случайного доступа или метод с передачей маркера доступа по кольцу). В последних стандартах и технологиях локальных сетей наметился переход от использования разделяемой среды передачи данных к использованию индивидуальных каналов связей компьютера с коммуникационными устройствами сети, как это всегда делалось в телефонных сетях, где телефонный аппарат связан с коммутатором АТС индивидуальной линией связи. Технологиями, использующими индивидуальные линии связи, являются 100VG-AnyLAN, ATM и коммутирующие модификации традиционных технологий – switching Token Ring, switching FDDI и частично switching Ethernet. При использовании индивидуальных линий связи в функции сетевого адаптера часто входит установление соединения с коммутатором сети. Недостатком такого метода решения проблемы является наращивание сетевого оборудования, что приводит к увеличению общей стоимости сети.

К временной группе факторов, влияющих на возникновение конфликтов, относится уровень эффективности реализации следующих правил доступа к каналу: захват канала, освобождение канала, предотвращение конфликтов, обнаружение конфликтов, устранение последствий конфликта.

Для устранения временных факторов возникновения конфликтов необходимо корректировать реализацию правил доступа и вносить микропрограммные изменения в контроллеры сетевого оборудования. На основе проведенного исследования был сделан вывод о том, что конфликты необходимо классифицировать, основываясь на временных характеристиках. Приведем примеры временных причин возникновения конфликтов. На этапе соревнования за свободный общий разделяемый канал есть вероятность одновременного захвата канала, что приведет к возникновению коллизии. На этапе распространения сигнала по каналу, имеющему временные задержки, существует потенциальная возможность попытки доступа к занятому ресурсу, до того как информация о статусе ресурса ещё не сообщена всем его пользователям. На этапе использования ресурса, если специфика предоставления общего ресурса не ограничивает доступ к нему во время его использования, это может приводить к сбоям в работе канала и потере информации. Если после уведомления о занятости ресурса, доступ к нему не возможен, это исключает возникновение конфликтов на стадии использования ресурса. На этапе освобождения ресурса, если выбран неэффективный способ оповещения об освобождении ресурсов, если оповещение будет приходиться с задержкой, то это может привести к невозможности доступа к ресурсу некоторых его самых удаленных в данный момент пользователей. Кроме того, необходимо учитывать время, затраченное на: обнаружение конфликта, разрешение конфликта, восстановление потерянных данных в результате конфликта, возобновление передачи.

В любой момент времени за доступ к общему каналу может состязаться множество узлов. Следовательно, разрешение конфликтов будет иметь вероятностный характер [5]. Поэтому

классификацию методов доступа необходимо выполнять также на основе вероятностных характеристик. Основными критериями оценки методов доступа являются типы разрешаемых конфликтов, правила доступа к общему разделяемому каналу, вероятность возникновения конфликта (без применения метода и с применением метода), затраченные на разрешение конфликта ресурсы.

Для анализа и расчета оптимальных условий доступа к общему ресурсу обычно применяется теория массового обслуживания. Каждый узел сети генерирует поток вызовов, который может быть детерминированным или случайным в зависимости от выбранного метода доступа.

В ходе исследования выяснилось, что общий разделяемый канал передачи данных может находиться в следующих состояниях (рис. 1), где  $m1$  – межкадровый интервал;  $m2$  – интервал конкуренции за канал;  $m3$  – интервал времени начала распространения кадра по каналу;  $m4$  – интервал приема-передачи;  $m5$  – интервал времени завершения распространения кадра по каналу. Переход из одного состояния в другое выполняется по событию. Каждое событие в канале наступает в определенной последовательности и в определенные моменты времени, описанные в правилах доступа к ресурсу, где  $t0$  – начало нового цикла передачи;  $t1$  – конец межкадрового интервала;  $t2$  – начало распространения кадра;  $t3$  – захват канала;  $t4$  – конец передачи;  $t5$  – конец распространения кадра.

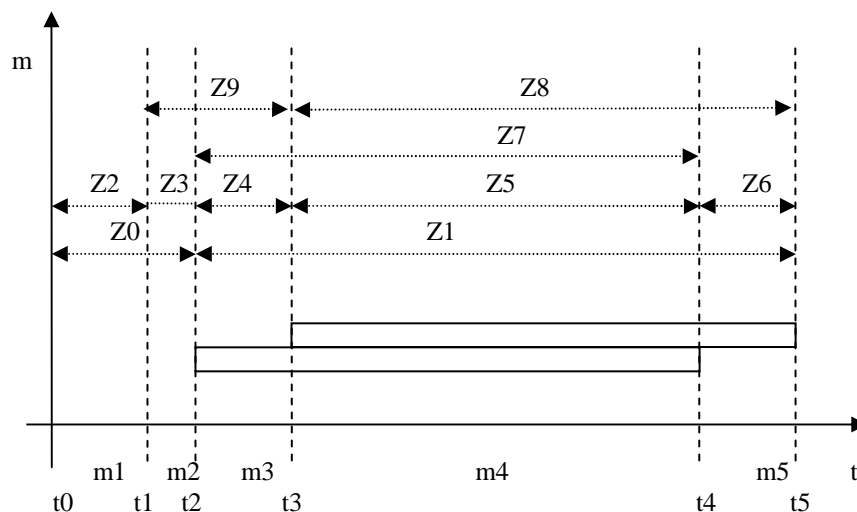


Рис. 1. Диаграмма состояний и событий в общем разделяемом канале передачи данных

В промежутках между событиями ресурс находится в состоянии выполнения одного из процессов:  $Z0$  – отсутствие информационного сигнала в канале (свободен);  $Z1$  – присутствие информационного сигнала в канале (занят);  $Z2$  – пауза между передачами кадров (межкадровый интервал);  $Z3$  – задержка перед отправкой;  $Z4$  – начало распространения сигнала в канале (только передача);  $Z5$  – использование канала (передача/прием);  $Z6$  – конец распространения сигнала в канале (только прием);  $Z7$  – передача кадра в канал;  $Z8$  – прием кадра из канала;  $Z9$  – период попытки захвата канала.

Все конфликты условно можно сгруппировать относительно условий их возникновения в зависимости от того, в каком состоянии находился канал в момент времени  $T$ , когда узел принял решение получить доступ к общему разделяемому каналу.

$$\text{NumCollision}(T) := \begin{array}{l} 1 \text{ if } T = t_0 \\ 2 \text{ if } T > t_0 \wedge T < t_1 \\ 3 \text{ if } T = t_1 \\ 4 \text{ if } T > t_1 \wedge T < t_2 \\ 5 \text{ if } T = t_2 \\ 6 \text{ if } T > t_2 \wedge T < t_3 \\ 7 \text{ if } T = t_3 \\ 8 \text{ if } T > t_3 \wedge T < t_4 \\ 9 \text{ if } T = t_4 \\ 10 \text{ if } T > t_4 \wedge T < t_5 \\ 11 \text{ if } T = t_5 \end{array} \quad (1)$$

В результате анализа конфликтных ситуаций возникающих во время доступа к общему разделяемому каналу передачи определены 11 типов конфликтов (табл. 1).

Таблица 1. Типы конфликтов

Тип конфликта	Описание
Collision begin pause	Конфликт не возникает, так как передача сигнала по каналу завершена и канал освобожден. Произошло завершение распространения предыдущего кадра по каналу
Collision pause	Конфликт не возникает, поскольку в канале выдерживается пауза «межкадровый интервал»
Collision end pause	Конфликт не возникает, поскольку произошло событие, завершен межкадровый интервал, за которым последует интервал захвата канала
Collision capture	Конфликт может возникнуть, так как в канале ожидается начало передачи пакета (начало захвата канала) и идет конкуренция
Collision start send frame	Конфликт возник из-за одновременного начала передачи пакетов 2-мя или более узлами
Collision send frame	Конфликт возник во время захвата канала, сигнал ещё не распространился по всему каналу и не все узлы осведомлены о начале передачи
Collision begin send-receive	Конфликт возник из-за начала передачи в момент, когда сигнал уже распространился по всему каналу
Collision send-receive	Конфликт возник в момент передачи пакета, когда канал уже был захвачен
Collision end send-receive	Конфликт возник из-за начала передачи в момент, когда сигнал уже прекратил передаваться, но ещё продолжает распространяться по каналу
Collision receive	Конфликт возник во время остаточного распространения сигнала по каналу
Collision end receive	Конфликт возник из-за начала передачи, в момент завершения остаточного распространения сигнала по каналу

$$\text{TypeCollision}(N) := \begin{cases} \text{"Collision begin pause"} & \text{if } N = 1 \\ \text{"Collision pause"} & \text{if } N = 2 \\ \text{"Collision end pause"} & \text{if } N = 3 \\ \text{"Collision capture"} & \text{if } N = 4 \\ \text{"Collision start send frame"} & \text{if } N = 5 \\ \text{"Collision send frame"} & \text{if } N = 6 \\ \text{"Collision begin send-receive"} & \text{if } N = 7 \\ \text{"Collision send-receive"} & \text{if } N = 8 \\ \text{"Collision end send-receive"} & \text{if } N = 9 \\ \text{"Collision receive"} & \text{if } N = 10 \\ \text{"Collision end receive"} & \text{if } N = 11 \end{cases} \quad (2)$$

$$P(x, x1, x2) := \begin{cases} 0 & \text{if } x < x2 \wedge x > x1 \\ -1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{Packet}(x, X) := \begin{cases} \text{NumCollision}(X) & \text{if } x = X \\ -1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

Пусть имеется канал со следующими временными характеристиками (рис. 2): межкадровый интервал равен  $P1 = 10$ ; интервал конкуренции за канал равен  $P2 = 5$ ; интервал времени начала распространения кадра по каналу  $p3 = 10$ ; интервал приема-передачи  $P4 = 100$ ; интервал времени завершения распространения кадра по каналу  $P5 = 10$ . Предположим, что первый узел начал передачу в момент времени  $T = 15$ , а второй узел попытался получить доступ к каналу в момент времени  $T = 23$ , то, пользуясь выражением (1) (2), можно определить тип коллизии  $\text{TypeCollision}(\text{NumCollision}(X)) = \text{"Collision send frame"}$ .

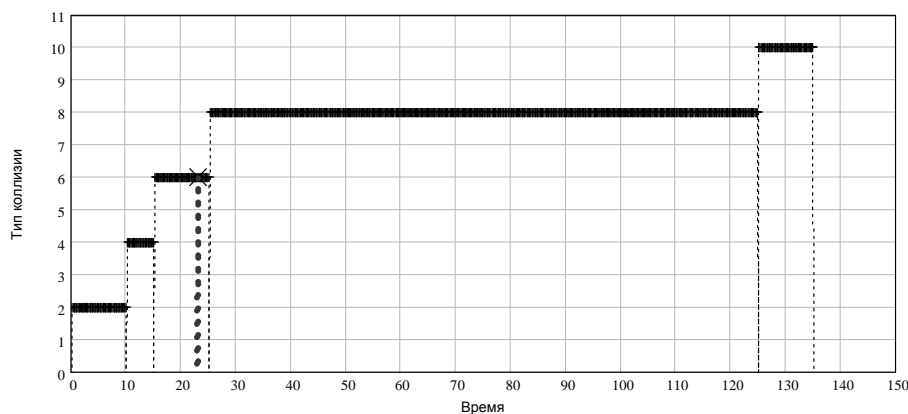


Рис. 2. Типы коллизий в общем разделяемом канале передачи данных

Таким образом, можно определить тип конфликта и в соответствии с новой классификацией методов доступа подобрать соответствующий метод для устранения конфликта именно этого типа.

### 3. Моделирование работы канала средствами сетей Петри

Поток обращений к каналу представляет собой случайный процесс с дискретными состояниями, а переход системы из состояния в состояние происходит мгновенно (скачком). Соответственно, для

анализа случайных процессов с дискретными состояниями можно строить различные модели работы канала с помощью так называемого графа состояний (сети Петри). Сети Петри представляют собой графическое и математическое средство моделирования, применимое к системам самых различных типов. Это перспективный инструмент описания и исследования мультипрограммных, асинхронных, распределенных, параллельных, недетерминированных и/или стохастических систем обработки информации. В качестве графического средства сети Петри могут использоваться для наглядного представления моделируемой системы подобно блок-схемам, структурным схемам и сетевым графикам. Вводимое в этих сетях понятие фишек позволяет моделировать динамику функционирования систем и параллельные процессы. В качестве математического средства аналитическое представление сети Петри позволяет составлять уравнения состояния, алгебраические уравнения и другие математические соотношения, описывающие динамику систем [10]. Сети Петри могут с успехом использоваться и теоретиками, и практиками, а, следовательно, становятся эффективным средством их взаимного общения: практики могут перенять у теоретиков более совершенную методологию построения моделей, а теоретики – научиться у практиков, как приблизить свои модели к реальности.

Обычно в сетях Петри состояния обозначаются позициями системы и изображаются кружками, а события, инициирующие переходы из состояния в состояние, – стрелками (ориентированными дугами), соединяющими позиции. Состояния сети определяются маркировкой. Для построения модели в сетях Петри необходимо определить состояния и события системы.

Канал может находиться в следующих состояниях: свободен, распространение кадра по каналу, занят. Переход из состояния в состояние выполняется по следующим событиям: узел начал передачу кадра, все узлы обнаружили кадр в канале, узел прекратил передачу, узлы обнаружили свободный канал, ни один узел не начал передачу, узел продолжает передачу кадра, не распространившегося по каналу, узел продолжает передачу кадра, который уже распространился по каналу. По каналу может передаваться полезная информация (кадр), искаженная информация (коллизия), информация о коллизии (jam-последовательность). Каждый узел может находиться в следующих состояниях: передача по каналу, активный режим ожидания (есть данные для передачи через канал), неактивный режим ожидания (нет данных для передачи). Такое представление состояний и событий канала можно моделировать с помощью сети Петри (рис. 3). А состояние узла можно смоделировать в виде сети Петри (рис. 4).

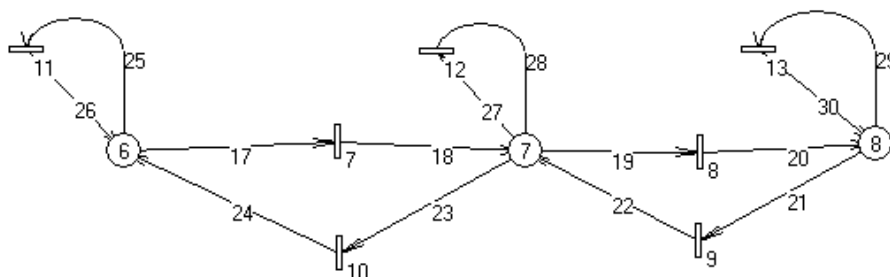


Рис. 3. Модель общего разделяемого канала в сетях Петри

На основе данной модели канала в сети Петри можно смоделировать доступ к общему разделяемому каналу передачи. Данный граф можно использовать как базовый для

моделирования работы различных методов доступа к каналу. Основным преимуществом синтеза задач в сетях Петри является возможность проведения глубокого исследования состояний, а также возможность проверки свойств самой модели, таких как конфликтные ситуации, заикливания, непредсказуемое поведение. Для проведения такого анализа в первую очередь используются методы анализа свойств самих сетей Петри. Этот подход предполагает получение сведений о свойствах реальной системы из анализа определенных свойств моделирующей сети Петри, а именно: ограниченность, безопасность, сохранение, активность, достижимость, живучесть и т.д. Рассмотрим метод анализа сетей Петри, который основан на использовании дерева достижимости. Дерево достижимости представляет все возможные маркировки сети Петри, а также всевозможные последовательности запусков переходов. На рис. 5 представлено дерево достижимости для модели канала (рис. 3).

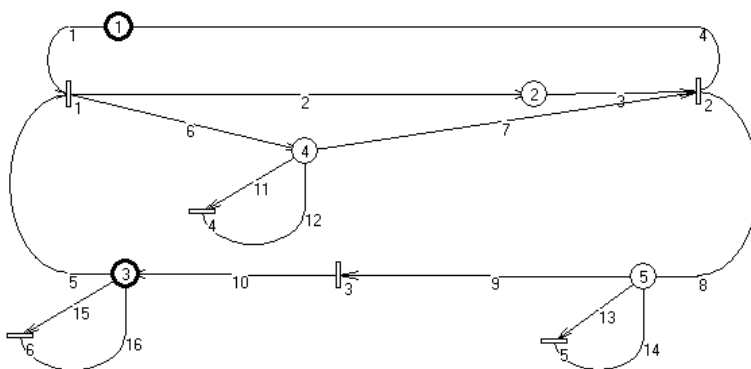


Рис. 4. Модель узла, получающего доступ к общему разделяемому каналу

Анализируя дерево достижимости, которое приведено на рис. 5, можно сделать вывод о том, что модель является ограниченной, безопасной, обратимой, живой, правильной, пассивные переходы отсутствуют, сеть относится к классу автоматов. Модель канала может находиться только в одном из трех состояний. Следовательно, возможны только 3 комбинации маркировки (табл. 2).

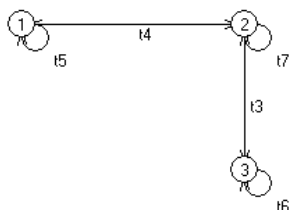


Рис. 5. Дерево достижимости для модели общего разделяемого канала в сетях Петри

Возможны следующие переходы из одного состояния в другое:  $t3$  – переход канала в/из занятого состояния;  $t4$  – переход канала в/из свободного состояния;  $t5$  – ожидание передачи;  $t6$  – процесс передачи;  $t7$  – процесс распространения кадра по каналу. Критичными для конфликтов

являются переходы  $t3$ ,  $t4$ ,  $t5$ ,  $t7$ , поскольку некоторые (или все) узлы считают, что канал свободен и могут инициировать передачу. Анализируя дерево достижимости для модели канала (рис. 4), которое приведено на рис. 6, приходим к следующему выводу: модель является ограниченной, безопасной, обратимой, живой, правильной, пассивные переходы отсутствуют, сеть относится к классу сетей с асимметричным выбором.



Таблица 2. Комбинации маркировок модели канала в сети Петри

Маркировка	Позиция	1	2	3	Описание
1		1	0	0	Канал свободен
2		0	1	0	Распространение кадра по каналу
3		0	0	1	Канал занят

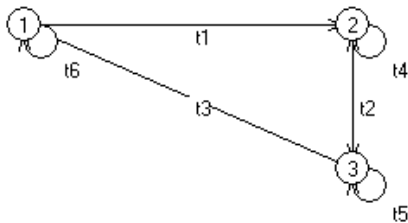


Рис. 6. Дерево достижимости для модели узла, получающего доступ к общему разделяемому каналу в сетях Петри

Модель узла, получающего доступ к общему каналу, может находиться только в одном из трех состояний. Следовательно, возможны только 3 комбинации маркировки (табл. 3).

Таблица 3. Комбинации маркировок модели узла в сети Петри

Маркировка	Позиция	1	2	3	4	5	Описание
1		1	0	1	0	0	Получен доступ к каналу и начало передачи данных
2		0	1	0	1	0	Процесс передачи завершен
3		1	0	0	0	1	Канал свободен, но данных для передачи нет

Существует потенциальная опасность возникновения конфликта доступа к каналу из-за одновременного инициирования передачи. Модель системы доступа к каналу имеет следующие позиции:  $P1$  – узел идентифицирует канал как свободный;  $P2$  – узел идентифицирует канал как занятый;  $P3$  – узел имеет данные для передачи;  $P4$  – узел передает кадр по каналу;  $P5$  – узел не имеет данных для передачи;  $P6$  – канал свободен;  $P7$  – по каналу распространяется кадр;  $P8$  – канал занят.

Для организации перехода из одной позиции в другую используются следующие позиции:  $t1$  – начало передачи кадра по каналу;  $t2$  – конец передачи кадра по каналу;  $t3$  – появление кадра, готового к передаче по каналу;  $t4$  – передача очередного байта информации в канал;  $t5$  – во время прослушивания канал был занят;  $t6$  – во время простоя в узле не появился кадр, готовый к передаче;  $t7$  – один из узлов инициировал передачу;  $t8$  – кадр распространился по всему каналу;  $t9$  – передающий узел прекратил передачу;  $t10$  – кадр прекратил распространяться по каналу;  $t11$  – простой канала, ожидание начала передачи;  $t12$  – очередной байт распространяется по каналу;  $t13$  – очередной байт кадра передается по каналу. На (рис. 7) представлена модель взаимодействия узла с общим разделяемым каналом в режиме прослушивания канала. Узел прослушивает канал и идентифицирует канал как свободный по событию ( $t10$ ) как только кадр прекратил распространяться по каналу. Но в режиме прослушивания узел не может корректно оценить состояние канала, потому что идентифицирует канал как занятый после события ( $t8$ ) как

только кадр распространится по всему каналу или хотя бы достигнет узла. На рис. 8 представлена модель взаимодействия узла с общим разделяемым каналом в режиме передачи. В этом режиме по событию ( $t7$ ) узел идентифицирует канал как занятый в момент начала передачи своего кадра. Освобождение канала узел идентифицирует по событию ( $t9$ ) завершения передачи кадра, хотя на самом деле кадр продолжает распространяться по каналу. Поэтому канал ещё некоторое время будет оставаться занятым.

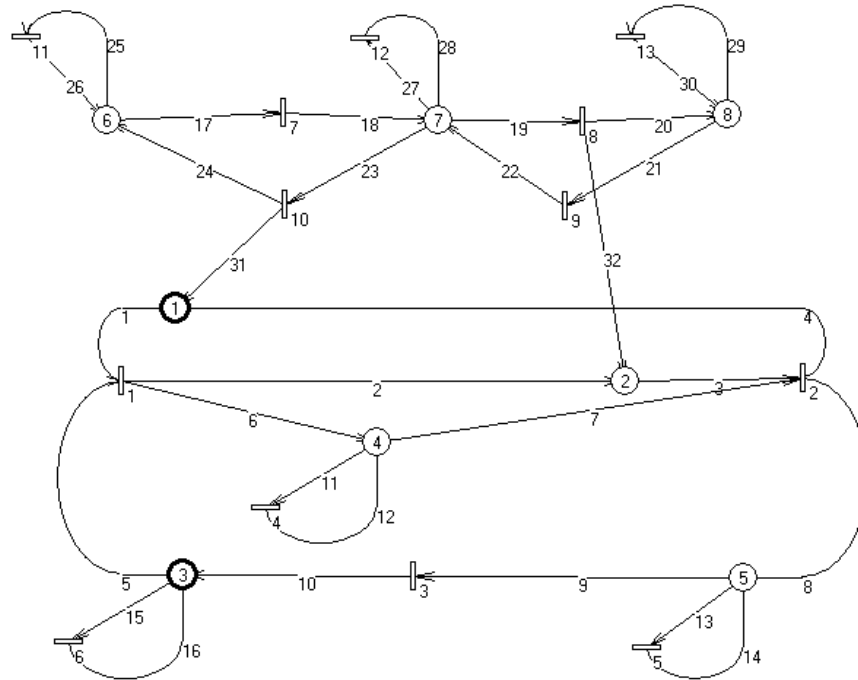


Рис. 7. Модель взаимодействия канала с узлом в режиме прослушивания

#### 4. Результаты моделирования

Результаты моделирования методов доступа узла к общему разделяемому каналу в сетях Петри позволили обнаружить все возможные типы конфликтов по моментам их возникновения. В ходе проведенного исследования методов разрешения конфликтов выполнена их группировка в соответствии с типами, разрешаемыми конфликтами. Полученную модель сети Ethernet можно использовать для моделирования работы протоколов канального уровня, выявления тупиковых ситуаций, целостности процедур и алгоритмов в целом, поскольку сети Петри являются наилучшим инструментом исследования.

Проведен анализ конфликтов доступа к общему разделяемому каналу и определены критерии оценки методов доступа. На основании этих критериев можно сформировать классификацию протоколов. Основными критериями формирования классификации являются набор методов, их суммарная эффективность и суммарные затраченные ресурсы.

В идеале модель взаимодействия узла с каналом должна выглядеть так, как показано на рис. 9. Узел должен идентифицировать канал как свободный только в том случае, если по нему не идет передача с момента ( $t10$ ) завершения распространения кадра по каналу. Канал должен идентифицироваться как занятый с момента инициирования передачи одним из узлов. Проблема

заключается в том, что в результате прослушивания канала каждый узел получает недостоверную информацию о состоянии канала.

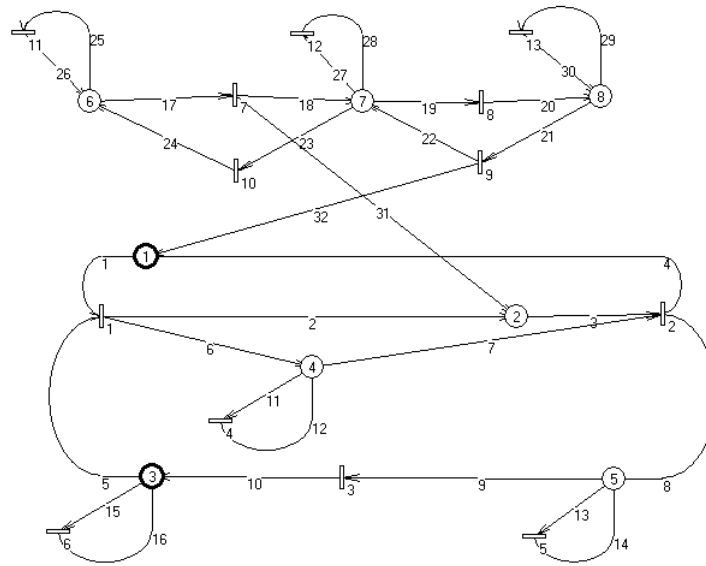


Рис. 8. Модель взаимодействия канала с узлом в режиме передачи

Таблица 4. Группировка методов доступа к общему разделяемому каналу

t	Тип конфликта	Методы доступа
7	Канал частично занят, кадр ещё не распространился по всему каналу. Часть узлов во время прослушивания канала может идентифицировать канал как свободный, а часть - как занятый	Тяжелопрогнозируемый конфликт. 1. Слотирование, передача только в строго обозначенные интервалы времени. 2. Прослушивание канала после начала передачи для обнаружения столкновений
8	Кадр распространился по всему каналу	Прослушивание канала предотвратит конфликт и идентифицирует его как занятый
9	Узел прекратил передачу, но кадр продолжает распространяться по каналу. Часть узлов во время прослушивания канала может идентифицировать канал как свободный, а часть - как занятый	Организация задержки между кадрами (межкадровый интервал) предотвратит возможность доступа к каналу, пока канал частично занят
10	Кадр прекратил распространяться по каналу. И канал свободен, но может в любой момент начаться передача. Конфликт возникает в момент попытки одновременного начала передачи и носит случайный характер	Тяжелопрогнозируемый конфликт. Случайные или детерминированные методы доступа. Сегментация домена коллизий с помощью коммутатора
11	Канал свободен, находится в режиме ожидания узла, имеющего кадр для передачи по каналу. Конфликт возникает в момент попытки одновременного начала передачи и носит случайный характер	Тяжелопрогнозируемый конфликт. Случайные или детерминированные методы доступа. Сегментация домена коллизий с помощью коммутатора
12	Канал частично занят, по каналу распространяется очередной байт кадра. Часть узлов во время прослушивания канала может идентифицировать канал как свободный, а часть - как занятый	Прослушивание канала идентифицирует канал как свободный. Необходимо прослушивание канала после начала передачи для обнаружения возможного столкновения
13	Канал занят, происходит передача очередного байта кадра по каналу	Прослушивание канала предотвратит конфликт и идентифицирует его как занятый

В ходе исследования методов доступа к общему каналу передачи установлено, что для решения проблем, связанных с конфликтами доступа, все методы по типу разрешаемых конфликтов можно разделить на группы (табл. 4). Конфликт в канале (рис. 3) может возникнуть в любой момент  $t$ , при переходе канала из одного состояния в другое. Тип конфликта будет определяться моментом его возникновения. Но, к сожалению, на данный момент ни один метод доступа к каналу не может эффективно бороться с конфликтами, возникающими в моменты  $t7$ ,  $t10$ ,  $t11$ . Для решения данной проблемы применяются методы случайного доступа.

Проведенные исследования модели множественного доступа к общему разделяемому каналу на базе сетей Петри показали, что для устранения конфликтных случаев после установления логико-виртуальных соединений, учитывая свойства переходов, можно достичь предельной производительности на канальном уровне.

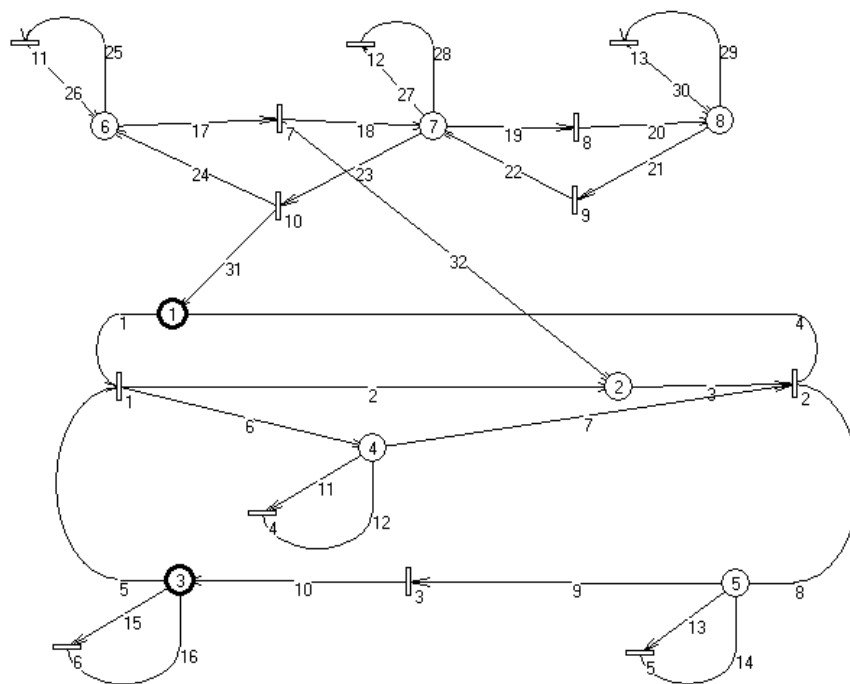


Рис. 9. Идеальная модель взаимодействия канала с узлом

Этот факт подтвердил применимость универсального множественного доступа для обеспечения обратимости, живучести и активности переходов в динамической модели разделения ресурсов [6].

## 5. Выводы

В результате исследований выявлено, что для эффективного устранения конфликтных ситуаций, связанных с вероятностными факторами их возникновения, необходимо применять метод доступа, который основан на формировании динамического стека из случайных заявок на обслуживание. Это позволит разработать новый протокол CSMA/CP на базе его прототипа CSMA/CD. Полученный протокол можно применять в сфере организации доступа к общему разделяемому каналу

передачи, который является альтернативой для случайных методов доступа и позволяет управлять доступом к каналу с помощью временных задержек передачи информации.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Потапов В.Т. Волоконно-оптические системы связи на пороге третьего тысячелетия // Фотон-Экспресс. – 2000. – № 22. – С. 3.
2. Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 544 с.
3. Питерсон Д. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
4. Шварц М. Сети связи. Протоколы, моделирование и анализ. – М.: Наука, 1992. – Ч. II. – 272 с.
5. Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных. – М.: Мир, 1989. – 544 с.
6. Алишов Н.И. Универсальный метод CSMA/CD // Труды Международной конференции «Локальные вычислительные сети». – Рига. – 1990. – С. 322–325.
7. Устройство передачи данных: А.с. № 1509970. БИО № 35, 1989.
8. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – Санкт-Петербург: Питер, 2001. – С. 668.
9. Введенская Н.Д., Цыбаков Б.С. Случайный множественный доступ пакетов в канал с ошибками // Проблемы передачи информации. – 1983. – Т. XIX, № 2. – С. 52–52.
10. Алишов Н.И. Адаптивный стековый алгоритм универсального множественного доступа в распределенных системах и сетях компьютеров. – 2004. – № 1. – С. 59–72.